



Resolución gráfica de un camino recto a pendiente constante en el sistema de planos acotados. Método de los acuerdos cónicos.

Apellidos, nombre	Navarro Jover, José Manuel (jnavar@dig.upv.es)
Departamento	Ingeniería Gráfica
Centro	ETSIAMN Universitat Politècnica de València

1 Resumen de las ideas clave

En este artículo vamos a presentar, mediante un ejemplo, el procedimiento metodológico para la resolución gráfica del movimiento de tierras necesario para el trazado de un camino recto a pendiente constante.

En la Imagen 1 se muestra en 3D un plano topográfico antes y después del trazado de un camino a pendiente constante. Se observan los taludes de desmontes y terraplenes que constituyen el movimiento de tierras. En este artículo se resolverá en el sistema de planos acotados gráficamente paso a paso este problema mediante el método de los acuerdos cónicos.

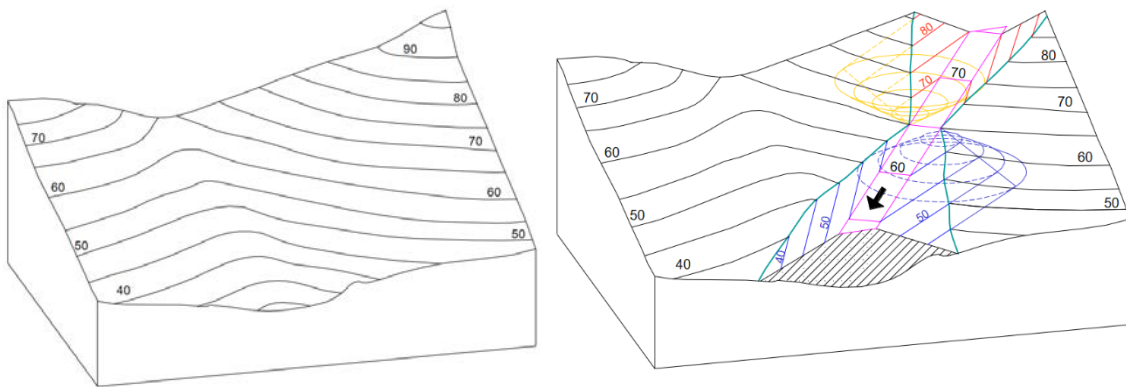


Imagen 1. Vista en 3D de un plano topográfico con un camino a pendiente constante.

2 Introducción

Los caminos rurales desempeñan un papel protagonista en el desarrollo de la actividad agrícola, siendo uno de los pilares básicos de una agricultura próspera y competitiva.

Si bien son muchos los factores y condicionantes que intervienen en el trazado de un camino (o de cualquier obra lineal), en este tema se limitará al cálculo gráfico, para representar, una vez determinada la traza del camino, la explanación, es decir, los movimientos de tierra necesarios (desmontes y terraplenes) para alcanzar las cotas y pendientes establecidos y que figuran en los distintos planos (planta, perfil longitudinal, perfiles transversales).

Por las mismas razones, y para facilitar la comprensión y ceñirnos al aspecto gráfico, se considerará a los caminos como un plano, sin tener en cuenta aspectos como las cunetas, pendientes transversales, o peraltes

3 Objetivos

Una vez que el alumno lea con detenimiento este documento, será capaz de:

- Identificar los datos de partida necesarios para resolver un camino a pendiente constante.
- Identificar puntos de paso en un camino a pendiente constante

- Aplicar el método de acuerdos cónicos para trazar taludes de desmonte y terraplén en explanación a pendiente constante
- Delimitar el contorno del movimiento de tierras en una explanación a pendiente constante

4 Desarrollo

Conocimientos previos básicos del sistema de planos acotados:

- Intervalo, módulo o talud, pendiente, de una recta
- Representación del plano
- Trazado de un plano de pendiente dada que contiene a una recta dada
- Dibujar un cono en el sistema de planos acotados

El punto de partida son los datos de que se dispone (Imagen 2): el plano topográfico del terreno, el trazado del camino, y los taludes o inclinaciones de los planos de desmonte y terraplén que se trazarán.

Es importante ser ordenados. Los pasos en que se ha dividido el procedimiento son:

1. Identificación de los puntos de paso
2. Trazado de los planos de desmonte y terraplén
3. Obtención de la intersección de estos planos con el terreno, lo cual nos da el contorno del movimiento de tierras a realizar

4.1 Enunciado del problema y preparación de los datos

En la Imagen 2 se muestra el plano topográfico de una ladera. Se desea construir un camino de 5 m de anchura, que asciende desde el punto A (a cota +220) en dirección Oeste, con una pendiente del 10 %. Los desmontes tendrán una pendiente del 60 % y los terraplenes del 40 %.

Los datos son:

- El plano topográfico, a E 1/500 con equidistancia 2 m entre curvas de nivel
- El eje del camino, la cota de un punto del mismo y su pendiente
- Las pendientes de los planos de desmonte (6/10) y terraplén (4/10)

IMPORTANTE: respetaremos la ud de altura del plano con el que estamos trabajando. Es decir, dado que en este plano la ud de altura (equidistancia) es 2 m, los planos que tracemos también llevarán esta misma equidistancia.

Para comenzar a trabajar necesitamos tener el camino dibujado y graduado (véase el resultado en la Imagen 3).

- Dibujar el camino: a ambos lados del eje dibujaremos los laterales del camino (de anchura total 5m, que a E 1/50 serán 10 mm)
- Graduar el camino: pendiente 10 % = 1/10. Por cada 10 m en horizontal, tenemos 1 m de desnivel. Como en este plano la ud de altura es 2m, el intervalo será de 20 m (que a E 1/500 son 40 mm).

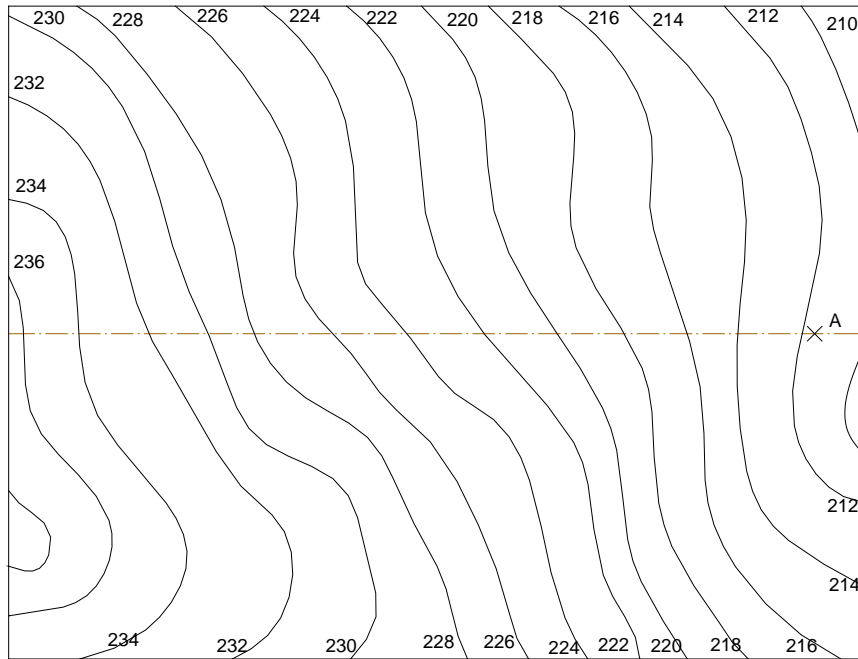


Imagen 2. Plano topográfico de partida, con el eje del camino a trazar

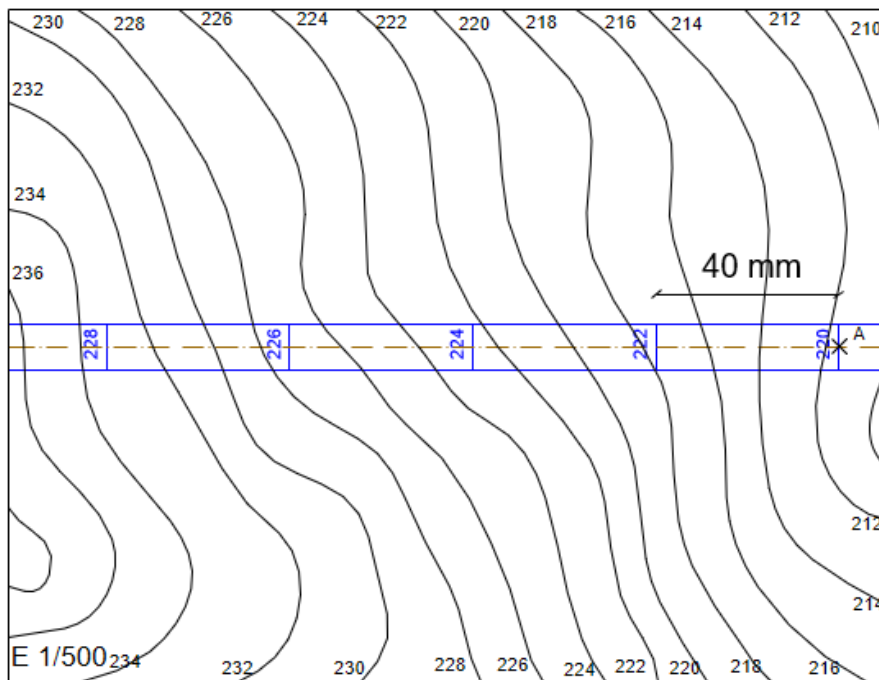


Imagen 3. Plano topográfico y camino graduado

4.2. Identificación de los puntos de paso

Los puntos de paso son los puntos en los que no hay que realizar ni desmontes ni terraplenes por encontrarse a la misma cota en el terreno original y en el camino. Si la explanación fuera horizontal, serían muy sencillos de encontrar.

Necesitamos situar los puntos de paso en los laterales del camino. Ya que en ellos será donde arrancarán los contornos de terraplén y de desmonte, en el apartado 4.3.

Para encontrarlos podríamos hallar la intersección entre los laterales del camino y el terreno. A simple vista puede intuirse que esto se producirá aproximadamente en la cota 225 (tanto del camino como del terreno). Lo haremos por tanteo, comparando punto a punto, las cotas de ambos. En cada punto (en la Imagen 4 se han señalado solo unos cuantos) comparamos:

- Si (cota del terreno) > (cota del camino) → DESMONTE
- Si (cota del terreno) < (cota del camino) → TERRAPLÉN

Cuando se produzca un cambio entre dos puntos sucesivos, entre D y T, situaremos un punto de paso entre ambos (véase la Imagen 4).

Esto hay que realizarlo en ambos laterales del camino. En este ejemplo se han encontrado solo dos puntos de paso, pero podría haber más intersecciones.

Quedan así delimitadas las zonas donde hay que realizar desmonte (en este caso a la izquierda) y terraplén (derecha).

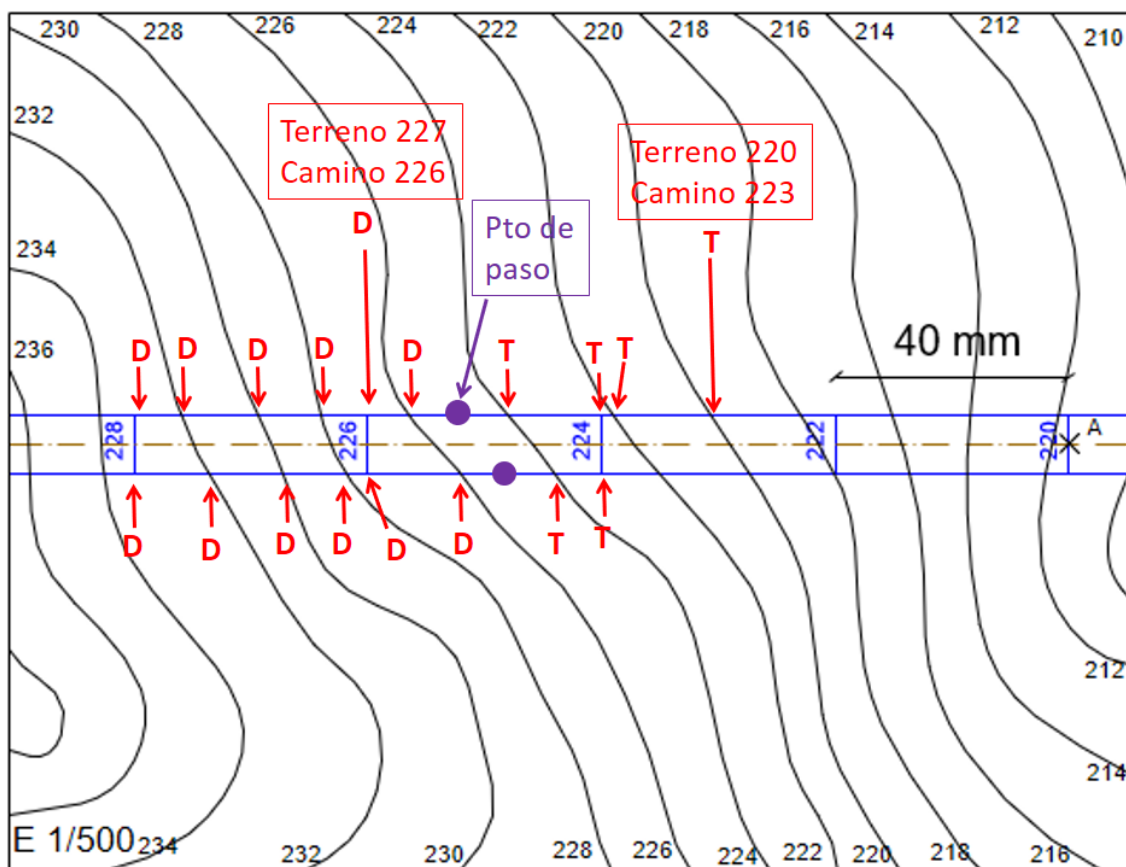


Imagen 4. Obtención de los puntos de paso

4.3 Trazado de los planos de desmonte y terraplén

Hay que trazar planos de desmonte y de terraplén apoyados en los bordes del camino. Si el camino fuera horizontal, las horizontales de plano serían paralelas al borde del camino. Pero como es a pendiente, no es tan sencillo.

Aquí el problema se reduce al trazado de un plano de pendiente dada que contenga a una recta dada (el lateral del camino). Por el método de los acuerdos cónicos, estos planos se apoyan en conos cuyo intervalo será precisamente el intervalo deseado de los taludes de desmonte o terraplén.

En el caso de los terraplenes, nos apoyaremos en un cono de terraplén recto, cuyo vértice situaremos en un punto del borde del camino preferentemente de cota alta (y entera). En los desmontes, nos apoyaremos en un cono de desmonte invertido, cuyo vértice situaremos en un punto del borde del camino preferentemente de cota baja (y entera). Véanse en la Imagen 5 en 3D y en planta. En planta, estos planos tienen sus horizontales tangentes a los círculos de nivel del cono.

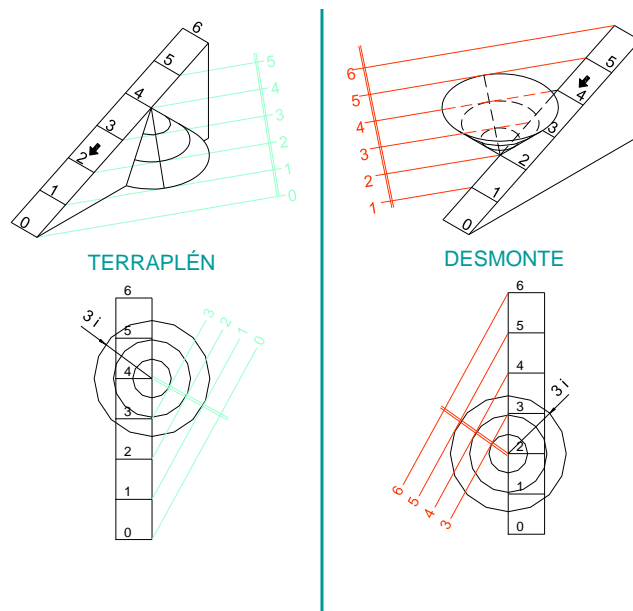


Imagen 5. Cono de terraplén y cono de desmonte, y sus respectivos planos apoyados en los mismos.

IMPORTANTE: respetaremos la ud de altura del plano con el que estamos trabajando. Es decir, dado que en este plano la ud de altura (equidistancia) es 2 m, los planos y los conos que tracemos también llevarán esta misma equidistancia.

4.3.1 Zona de desmonte: Planos de desmonte y su intersección con el terreno

Cálculo intervalo desmonte:

Dato: pendiente 60 % = 60/100. Como la ud de altura es 2m, 60/100 es equivalente a 2/3,33. Por tanto el intervalo es 3,33 m (a escala 1/500 son 6,67 mm).

Trazaremos **dos** planos de desmonte, **uno a cada lado del camino**, apoyados en el lateral del mismo.

Vamos a situar sendos conos de desmonte en el punto del camino de cota 222 (por ejemplo) (siempre un punto de cota alta). Con centro en él situamos un cono invertido (va subiendo) de intervalo 6,67 mm (= pte 60 %). La primera horizontal de cono (de cota 224) tendría radio 6,67 mm, la segunda (226) radio $6,67 \times 2$ mm, ... En lugar de dibujar todas, basta con trazar una, hemos dibujado la de cota 228 (radio $6,67 \times 3$ mm). Trazamos una tangente desde el punto de cota 228 a la horizontal de cono 228, obteniendo la horizontal de plano 228 (Imagen 6). Por la parte inferior se procede igual (es simétrico el trazado).

Para dibujar todo el plano, trazaremos paralelas a esta horizontal, y que pasen por los puntos de cota entera del camino (226, 224). Así mismo se pueden trazar todas las horizontales que se precise, con equidistancia 6,67 mm (la 230, 232, 234, ...). (Véase la Imagen 7).

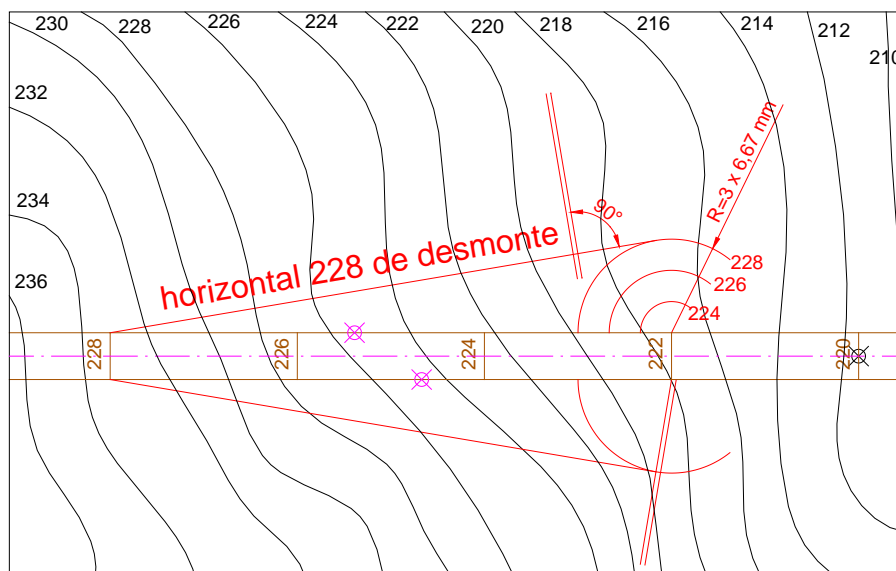


Imagen 6. Cono de desmonte y obtención de una horizontal de plano

¿CUÁNTAS HORIZONTALES DE PLANO DIBUJAMOS?

No debe preocuparnos. Hasta que no hagamos el siguiente paso no lo sabremos. Si sobran las borraremos y si faltan añadiremos.

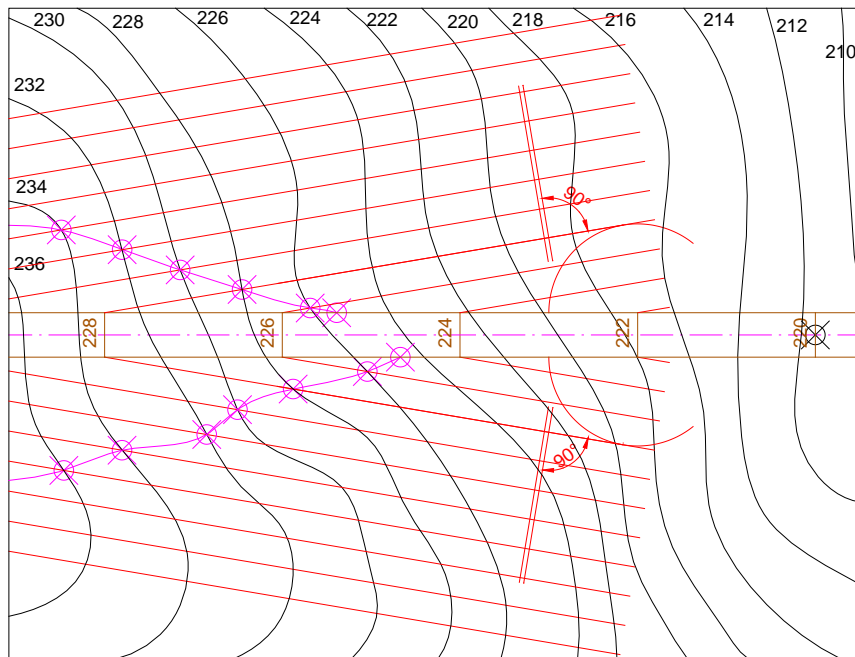


Imagen 7. Planos de desmorte y su intersección con el terreno

El tercer paso y último consiste en hallar la intersección de estos planos dibujados con el terreno. Para ello:

- Primero, en la Imagen 7 se han dibujado puntos donde coincide la cota de cada curva de nivel con la de cada horizontal de plano
- Y después, arrancando en los puntos de paso, trazamos una línea (a mano alzada si se dibuja con lápiz) que va uniendo todos estos puntos. Esta línea delimita el perímetro de la zona de desmorte.

Y por último se han recortado las horizontales, dejándolas solo dentro del perímetro de la explanación (Imagen 8).

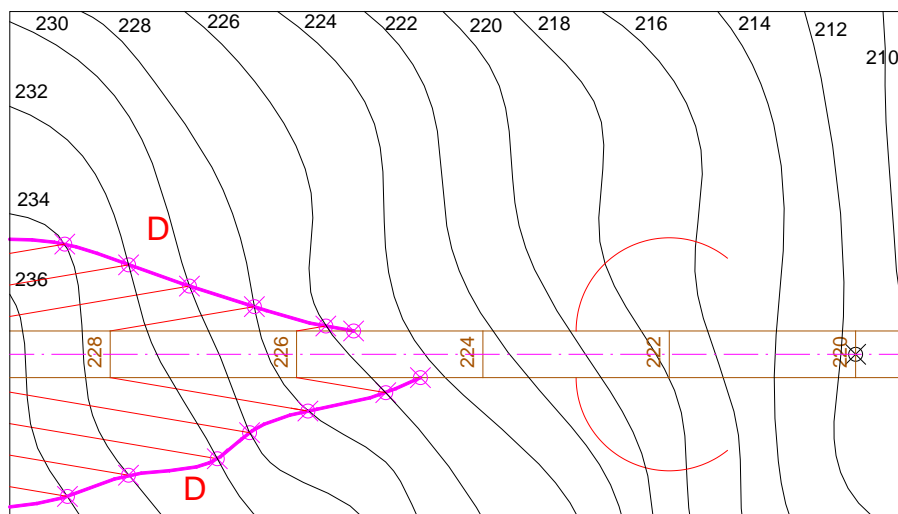


Imagen 8. Perímetro de desmorte

4.3.2 Zona de terraplén: Planos de terraplén y su intersección con el terreno

Procederemos de igual forma con los terraplenes. En este caso el cono será recto, y situado en un punto de cota alta del camino (por ejemplo, el de cota 228, Imagen 9).

Intervalo de terraplén:

Dato: pendiente 50 % = 50/100. Como la ud de altura es 2m, 50/100 es equivalente a 2/4. Por tanto, el intervalo es 4 m (a escala 1/500 son 8 mm).

En la Imagen 9 se ha trazado la cuarta horizontal de cono (de cota 220), por tanto con radio 4 intervalos ($4 \times 8 = 32$ mm), y trazando una tangente desde el punto del camino de cota 220 a este círculo de cota 220 se obtiene la horizontal 220 de terraplén.

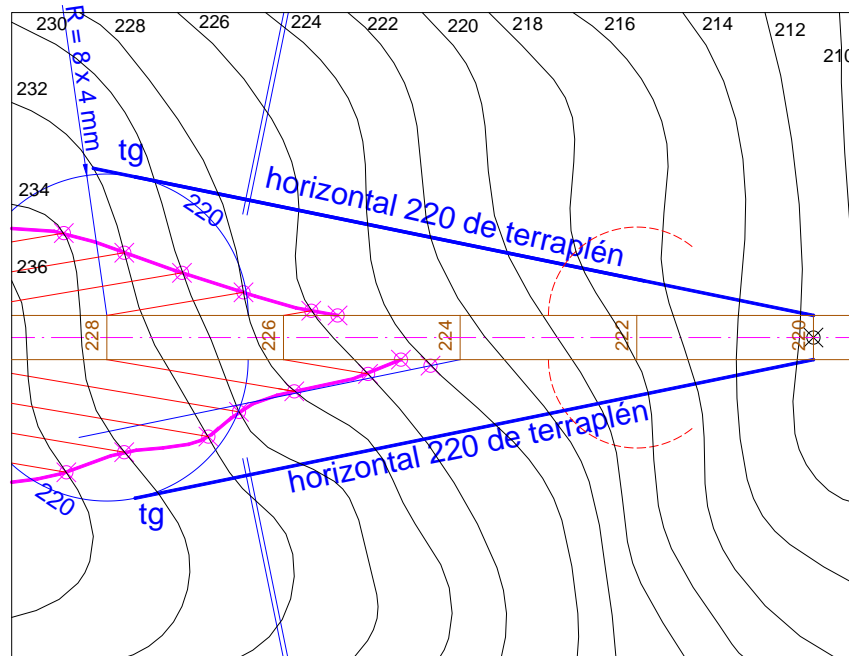


Imagen 9. Cono de terraplén y obtención de una horizontal de plano

En la Imagen 10 se han trazado el resto de horizontales de terraplén, paralelas a la anterior, y pasando por los puntos de cota entera del camino, y hacia fuera también con el intervalo calculado (8 mm). Después se ha hallado la intersección entre estos planos de terraplén y el terreno, obteniendo la zona de terraplén.

El resultado final de la explanación se muestra en la Imagen 11.

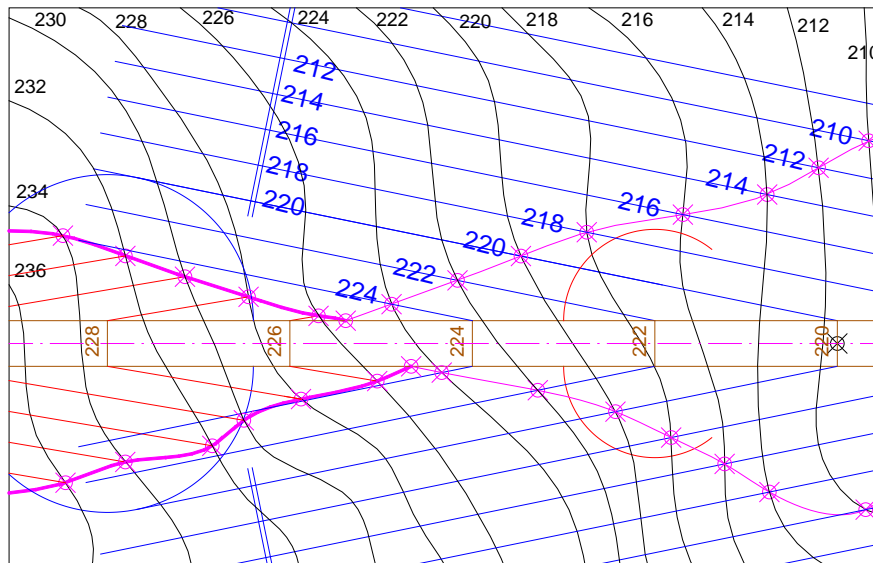


Imagen 10. Planos de terraplén y su intersección con el terreno

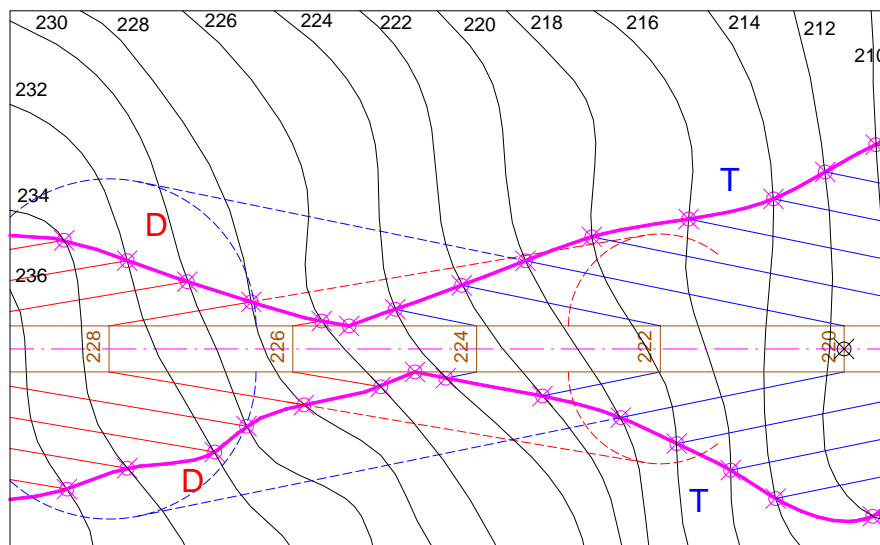


Imagen 11. Resultado final de la explanación

5 Cierre

En este ejercicio concreto, ha resultado que la zona de desmorte está en la parte opuesta a donde se situó el cono de desmorte, e igual con el terraplén. Pero esto no es necesariamente así siempre. Lo importante es lo siguiente:

Los conos de desmorte y de terraplén podrían situarse en cualquier otro punto de cota entera del camino, pero:

El cono (o conos) de desmonte, tendemos a situarlos en puntos bajos del camino (en este caso 222).

El de terraplén tenemos a situarlo en un punto elevado (228).

Esto es así sobre todo al dibujar a lápiz, para que el trazado de la tangente esté más alejado y sea más grande y por tanto más preciso.

Para la obtención de los puntos de paso en ambas cunetas del camino (apartado 4.2) podríamos haber levantado sendos perfiles longitudinales, pero resulta más económico de esfuerzo el procedimiento por tanteo que se ha utilizado (Imagen 4).

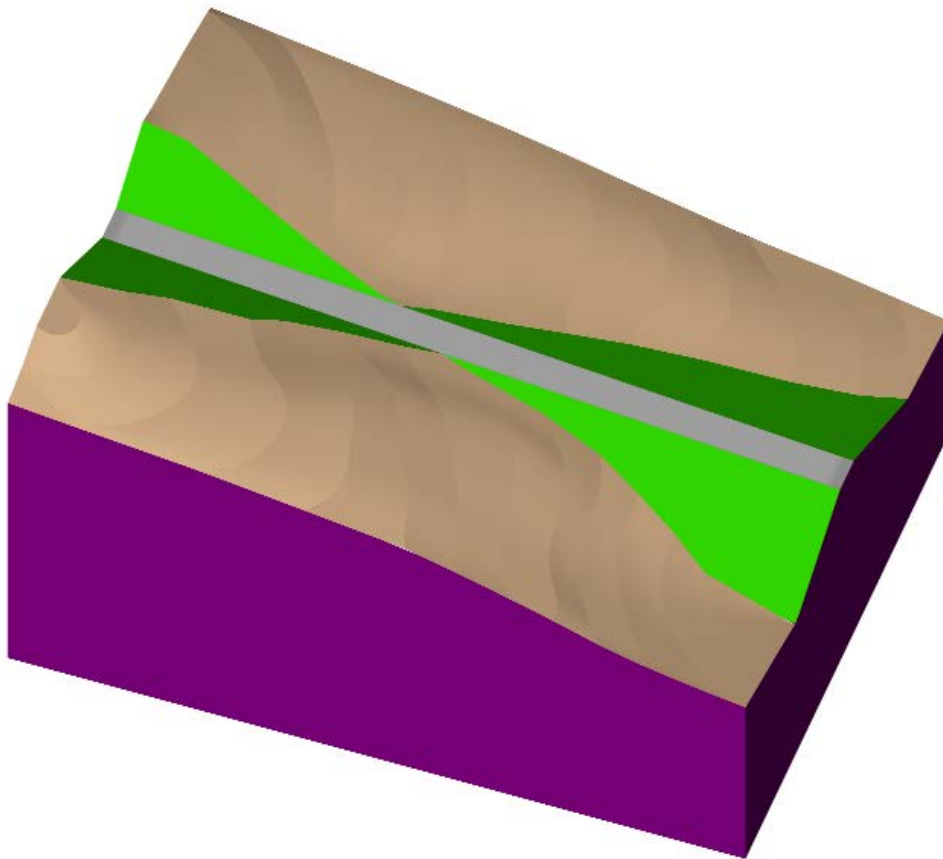


Imagen 12. Vista en 3D del resultado final de la explanación

6 Bibliografía

6.1 Libros:

Collado, V.: "Sistema de planos acotados. Sus aplicaciones en ingeniería". Ed. Tébar Flores, 1988.

Díaz, R.: "Geometría descriptiva. Sistema acotado: aplicaciones", Ed. Universitat Politècnica de València, 2015.